



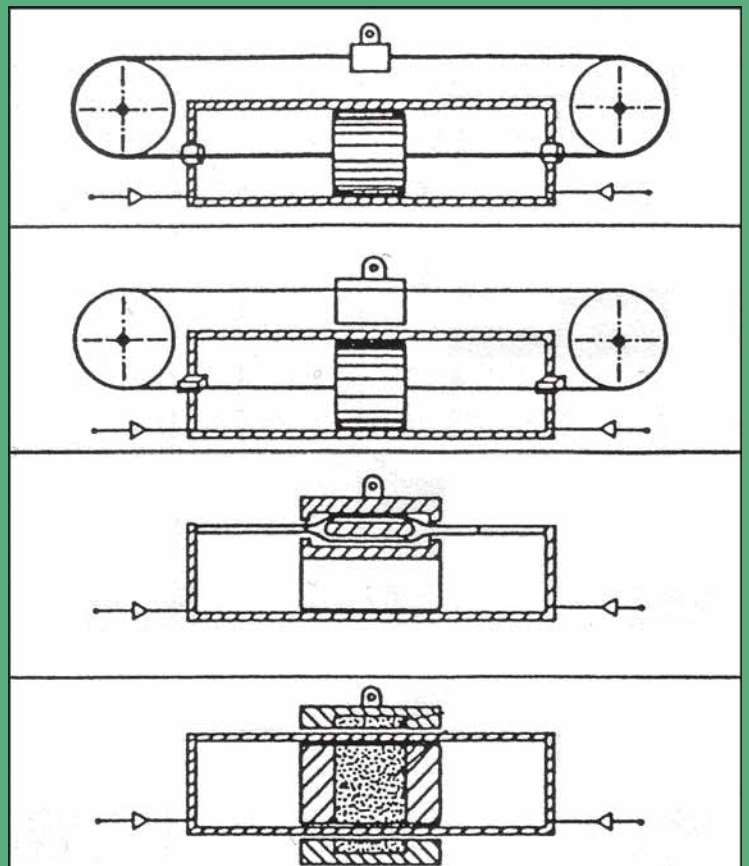
# Pneumatiikan perusteita

## Toimilaitteet

Veli Hulkkonen

No 14

FLUID  
Finland  
1-2006



## Johdanto

Yleensä toimilaitteilla tarkoitetaan seuraavia laitteita:

1. Sylinterit
2. Paineenmuuntimet
3. Väliaineenvaihtimet
4. Moottorit

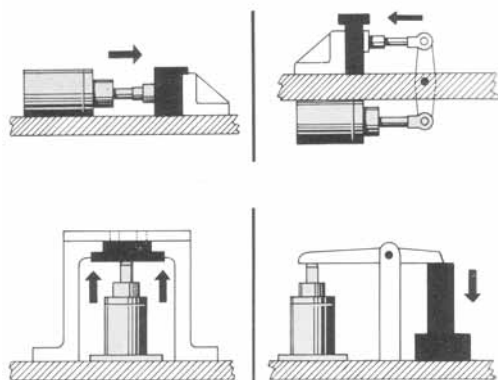
Toimilaitteita käytetään energian muuttamiseen ja muuntamiseen. Sylinterien ja moottorien avulla muutetaan pneumaattinen energia mekaaniseksi työksi. Paineenmuuntimien avulla paine muunnetaan suuremmaksi paineeksi ja paineen-siirtimien avulla paine siirretään väliaineesta toiseen.

## SYLINTERIT

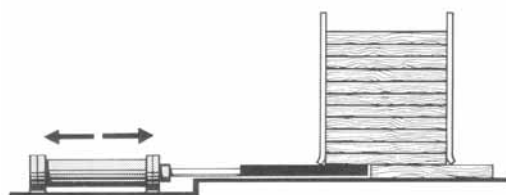
Sylinterien tehtävänä on muuttaa pneumaattinen energia suoraviivaiseksi mekaaniseksi liikkeeksi. Toiminnan ja rakenteen perusteella sylinterit voidaan ryhmitellä neljään ryhmään:

1. Yksitoimiset sylinterit
2. Kaksitoimiset sylinterit
3. Paineilmarasiat
4. Erikoissylinterit

Sylintereitä käytetään kappaleen kiinnittämiseen ja irrottamiseen, kuorman nostamiseen, laskemiseen, siirtämiseen jne.



Kuva 1. Kappaleen kiinnityksiä paineilmasylinterillä (Festo)



Kuva 2. Kappaleen syöttö paineilmasylinterillä (Festo)

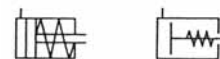
## Yksitoimiset sylinterit

Yksitoimisen sylinterin mäntää liikutetaan paineen avulla vain toiseen suuntaan. Palautus tapahtuu yleensä jousen tai ulkoisen voiman vaikutuksesta. Yksitoiminen sylinteri voi olla työntävä tai vetävä.

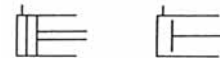
**Piirrosmerkit:** vasemmalla yksityiskohtaiset merkit, oikealla yksinkertaistetut merkit

Työntävä yksitoiminen sylinteri,

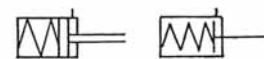
paluuliike jousen avulla



paluuliikkeen aiheuttavaa voimaa ei ole määriteltä



vetävä yksitoiminen sylinteri

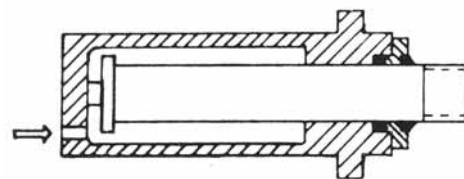


Yksitoimisissa sylintereissä tarvitaan vain yksi paineliitäntä.



Kuva 3. Yksitoiminen sylinteri (SMC Pneumatics)

Yleisin yksitoiminen sylinteri on jousipalautteinen työntösylinteri (kuva 3). Kun paine kytketään, mäntä liikkuu oikealle. Jousi puristuu lyhyemmäksi ja männänvarsi työntyy sylinteristä ulos. Purettaessa paine jousi palauttaa männän ja männänvarren alkuasentoon.



Kuva 4. Uppomäntäsyylinteri, palautus ulkoisella voimalla

Uppomäntäsylinterissä männänvarsi toimii myös mäntänä. Männänvarren halkaisija on lähes yhtä suuri kuin sylinterin sisähalkaisija.

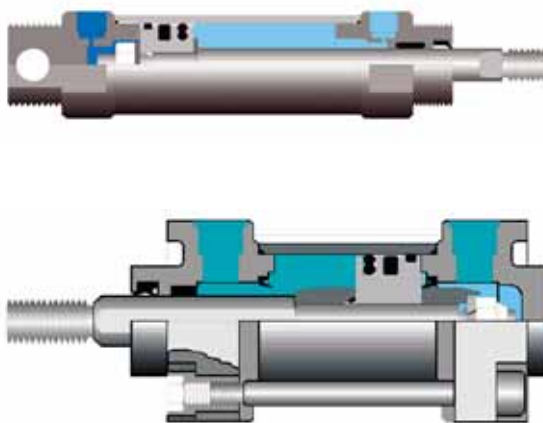
Yksitoimisissa vetosylintereissä paine kytketään männänvarren puolelle. Tällöin männänvarsi työntyy sylinterin sisään.

#### Yksitoimisen sylinterin ominaisuuksia:

- Työtä voidaan tehdä vain toiseen suuntaan.
- Jousipalautteinen sylinteri vaatii iskun suorittamiseen ilman kuormaakin n. 0,1 MPa:n ylipaineen.
- Jouselle ei yleensä sallita muuta kuormaa kuin männän ja männänvarren palautus.
- Voima iskun lopussa on vähän pienempi kuin iskun alussa. Tämä johtuu siitä, että jousen puristuessa jousivoima kasvaa.
- Jousipalautteinen yksitoiminen sylinteri on pitempi kuin kaksitoiminen sylinteri, jos iskunpituus on sama. Sillä kokoonpuristettunakin jousi vaatii melko suuren tilan.
- Yleensä jousipalautteisen sylinterin isku on alle 100 mm.

#### Kaksitoimiset sylinterit

Kaksitoimisen sylinterin mäntää liikutetaan paineen avulla molempiin suuntiin.

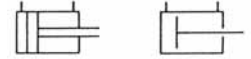


Kuva 5. Kaksitoiminen sylinteri (SMC Pneumatics)

Kun paine kytketään vuorotellen männän molemmiin puoliin ja päinvastaiselta puolelta paine poistetaan, mäntä saadaan liikkumaan edestakaisin (kuva 5).

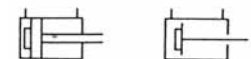
**Piirrosmerkit:** vasemmalla yksityiskohtaiset merkit, oikealla yksinkertaistetut merkit

Kaksitoiminen sylinteri, ilman päätyvaimentimia

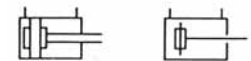


#### Päätyvaimenteiset sylinterit:

yksipuolinen vakiovaimennus



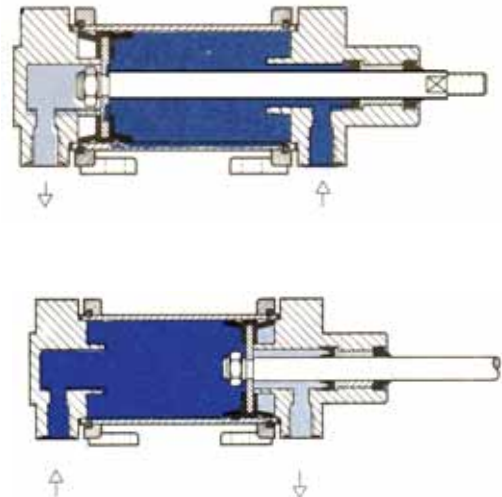
kaksipuolinen vakiovaimennus



yksipuolinen säätövaimennus



kaksipuolinen säätövaimennus

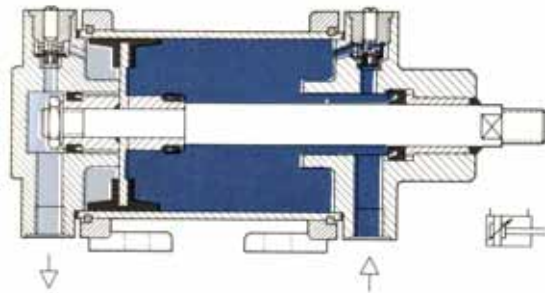


Kuva 6. Kaksitoimisen sylinterin toiminta (Festo)

Ilman vaimentimia olevia sylintereitä käytetään, kun männän nopeus on pieni. Sylintereissä, joiden iskunpituus on alle 50 mm, päätyvaimentimia ei yleensä tarvita. Näin lyhyellä matkalla mäntä ei ehdi saavuttaa suurta nopeutta.

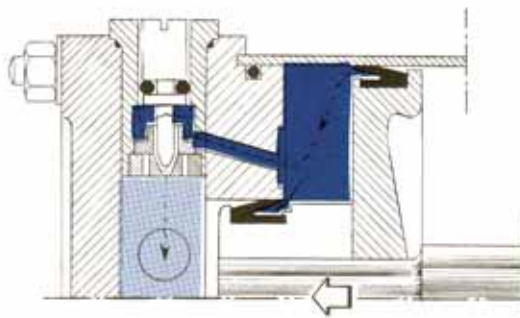
## Päätyvaimennus

Päätyvaimentimilla varustettuja sylintereitä käytetään, kun männän liikenopeus on suuri. Vaimennus on välttämätön liikuteltaessa suurta massaa suurella nopeudella. Päätyvaimennuksen tehtävänä on estää sylinterin vaurioituminen, kun mäntä kohtaa päädyn. Vaimennuksen avulla hidastetaan männän nopeutta ennen männän ja päädyn kohtaamista. Yleensä hidastamiseen käytetään vastapainetta.



Kuva 7. Kaksipuolisella säätövaimennuksella varustettu sylinteri (Festo)

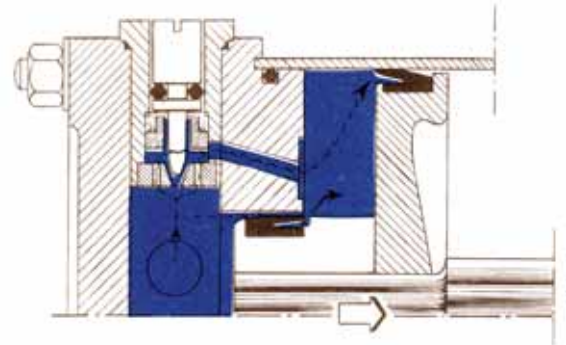
Kaksipuolisella säätövaimennuksella varustetussa sylinterissä männän molemmin puolin on vaimennusmännät ja päädyissä vaimennussylinterit sekä säädettävät vaimennusaukot (kuva 7).



Kuva 8. Päätyvaimentimen toiminta (Mecman)

Männän lähestyessä päätyä vaimennusmännän tiiviste painuu vaimennussylinteriin. Tällöin ilma ei pääse sylinteristä liitäntäaukkoon vaimennussylinterin kautta, vaan virtaus tapahtuu vaimennusaukon kautta. Koska vaimennusaukon ala on pieni, sylinteriin muodostuu vastapainetta, jolloin männän nopeus hidastuu.

Päätyvaimentimen tehokkuutta voidaan säätää muuttamalla säätöruuvilla vaimennusaukon alaa.



Kuva 9. Männän liikkeellelähtö (Mecman)

Sylinteriin päin ilma pääsee vaimennusaukon ja vaimennusmännän tiivisteiden kautta melko vapaasti. Tämän vuoksi päätyvaimennukset eivät yleensä hidasta männän liikkeellelähtöä.

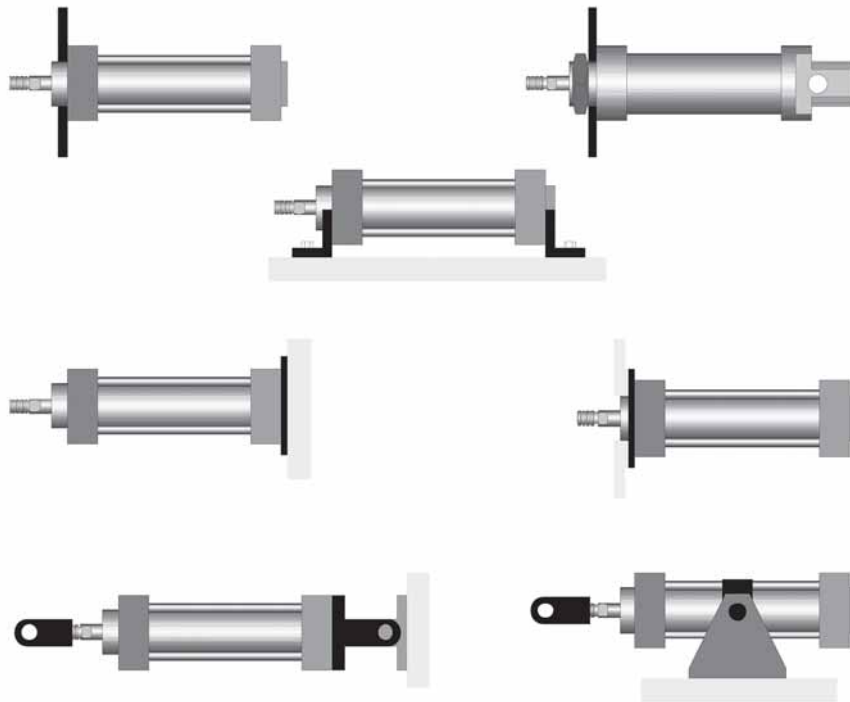
Vakiovaimenteisissa sylintereissä vaimennusaukon alaa ei voida säätää. Jos vaimennus on yksipuolinen, se on vain toisessa päädyssä. Kunkin sylinterin vaimennuskyky nähdään valmistajien diagrammeista.

### Kaksitoimisen sylinterin ominaisuuksia:

Työtä voidaan tehdä sekä veto- että työntöliikkeen aikana. Vetovoima on vähän pienempi kuin työntövoima, koska männän ala männänvarren puolella on pienempi kuin takapäädyn puolella. Ilmankulutus kaksitoimisessa sylinterissä on suurempi kuin samankokoisessa yksitoimisessa sylinterissä.

### Kiinnittimet ja kytkimet

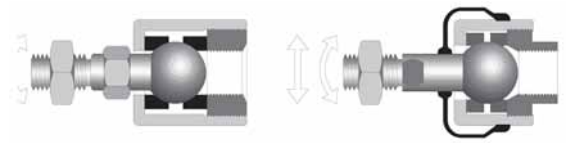
Sylinterin kiinnittimet ja männänvarren kytkimet määräytyvät sylinterin toiminnan ja rakenteen mukaan. Sylintereihin on saatavana vakiokiinnittimiä ja männänvarren kytkimiä sekä kiinteitä että liikkuvia asennuksia varten.



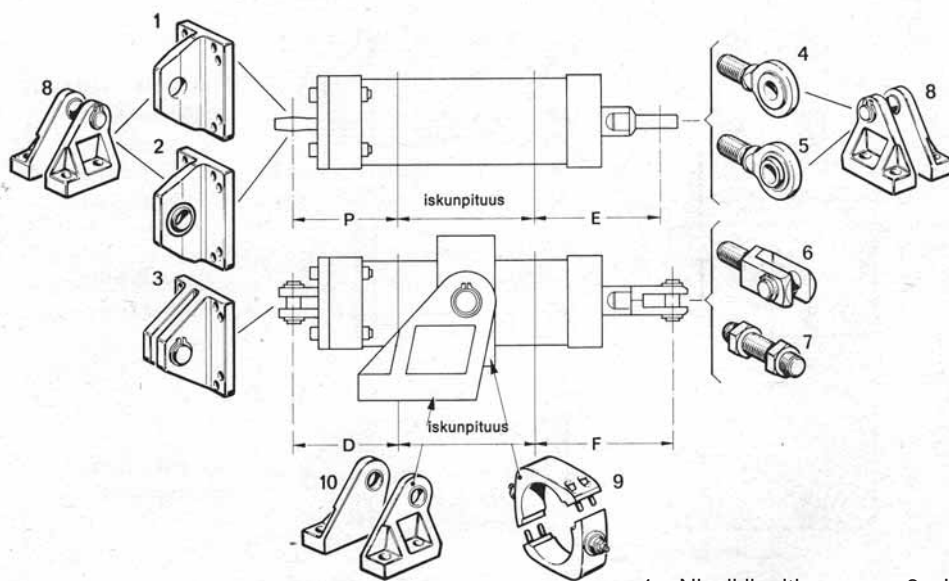
Kuva 10. Sylinterin kiinnitystapoja (SMC Pneumatics)



Kuva 11a. Mutteri- ja nivelkiinnitin (Mecman)



Kuva 11b. Joustava kiinnitys (SMC Pneumatics)

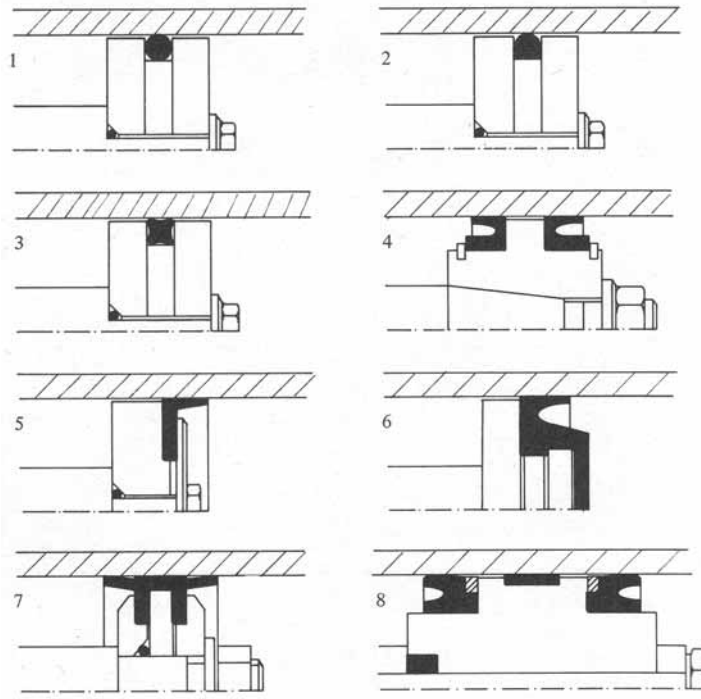


Kuva 12. Sylinterin nivelkiinnittimiä ja männävarren kytkimiä (Atlas Copco)

- |                        |                    |
|------------------------|--------------------|
| 1. Nivelkiinnitin      | 6. Haarukkakytkin  |
| 2. Pallonivelkiinnitin | 7. Kierrekyytkin   |
| 3. Haarukkakiinnitin   | 8. Kytinkorvakkeet |
| 4. Nivelkytkin         | 9. Keskikiinnitin  |
| 5. Pallonivelkytkin    | 10. Ed. korvakkeet |

## Sylinterirakenteita

Sylinterin päädyt ja putki voivat olla toisiinsa kiinnitetty mm. kierteillä, sidepuiteilla, ruuveilla, manke-loimalla, lukitusrenkaalla tai hitsaamalla.



1. O-rengastiiviste, kaksitoiminen sylinteri
2. Muotorengastiiviste, kaksitoiminen sylinteri
3. Nelikulmarengas, kaksitoiminen sylinteri
4. Urarengas, kaksitoiminen sylinteri
5. Kuppirengas, yksitoiminen sylinteri
6. Hattutiiviste, yksitoiminen sylinteri
7. Kaksoiskuppitiiviste, kaksitoiminen sylinteri
8. Uratiiviste, kaksitoiminen sylinteri; tiivisteissä tukirengaat ja männässä liukurengas

Kuva 13. Sylinterin tiiviste- ja mäntärakenteita

### Pääosien raaka-aineet

Sylinterien osia valmistetaan useista eri raaka-aineista. Niiden valintaan vaikuttavat mm. ympäristötekijät ja se, kuinka raskaaseen käyttöön sylinteri on tarkoitettu.

Eri osien rakenneaineita:

Sylinteriputki:

Alumiini-, messinki-, kupari-, teräs-, pronssi-, ruostumaton teräs- tai rautaputki. Alumiini-, messinki-, rauta- tai teräsvalu.

Päädyt:

Elokoitu alumiini, taottu teräs, messinki, pronssi, teräs, valurauta tai alumiiniseosvalu.

Mäntä:

Alumiiniseos, messinki, valurauta tai teräs.

Männänvarsi:

Hiottu ja kovakromattu keskihillinen teräs; lämpökäsittely, hiottu ja kovakromattu seosteräs, hiottu ja kiillotettu ruostumaton teräs.

Ohjausholkki:

Pronssi tai itsevoiteleva sintteripronssi.

Tiivisteet:

Normaalisti tiivisteet ovat öljynkestävää, synteettistä kumia. Ne soveltuvat lämpötila-alueelle 250...350 K (-20...80 °C). Erikoistiivisteiden sallima lämpötila-alue on laajempi: esim. vitontiivisteet 250...460K (-20...190 °C), teflontiivisteet 220...470K (-50...200 °C)

Kiinnittimet ja kytkimet:

Alumiini, alumiiniseos, valurauta, teräs tai teräsvalu.

## Työntö- ja vetovoima

Vakiosylintereitä on saatavana halkaisijaltaan 10...500 mm. Tällöin voimat tavanomaisella 0,6 MPa:n ylipaineella ovat 50 N...120 000 N.

Staattisissa tapauksissa (mäntä ei liiku, esim. kiinnitys) sylinterin aikaansaama voima voidaan laskea kaavalla:

$$F = A \cdot p \cdot \eta$$

$F$  = sylinterin voima  
 $A$  = männän ala  
 $p$  = paine  
 $\eta$  = hyötysuhde

Männän ala voidaan laskea tai katsoa valmistajien esitteistä, kun sylinterin halkaisija tiedetään. Työntövoima lasketaan koko männän alan mukaan. Vetovoimaa laskettaessa männän alasta on vähennettävä männänvarren ala. Laskentapaineeksi on otettava alin käyttökohteessa käytön aikana vallitseva paine.

Hyötysuhteen määräävät käyttöpaine, männän ja männäntiivisteiden sekä sylinteriputken välinen kitka ja ohjausholkin sekä männänvarren välinen kitka. Normaalipaineilmasyntereillä paineen ollessa 0,4...0,8 MPa  $\eta = 0,8 \dots 0,7$

Yksitoimisissa jousipalautteisissa sylintereissä on otettava huomioon jousivoima. Se on noin 10 % teoreettisesta voimasta. Teoreettista voimaa laskettaessa jätetään edellä esitetystä kaavasta hyötysuhde pois.

Useilla valmistajilla on diagrammeja ja taulukointa, joista nähdään kunkin sylinterin eri paineilla aikaansaama voima.

Dynaamisissa kuormitustapauksissa (mäntä liikkuu) sylinterin aikaansaamaan voimaan vaikuttavat myös liikenopeus ja liitäntäaukon koko. Suurin voima saavutetaan nopeuden ollessa nolla. Kunkin sylinterin eri nopeuksilla kehittämä voima nähdään valmistajien laatimista voima-nopeusdiagrammeista.

### Esimerkki:

Kaksitoimisella sylinterillä, jonka halkaisija on 50 mm, kiinnitetään kappale. Kuinka suurella voimalla sylinteri painaa kappaletta alustaa vasten kun  $P_e = 0,6 \text{ MPa}$ ?

$$d = 50 \text{ mm}$$
$$A = 19,6 \text{ cm}^2 = 0,00196 \text{ m}^2$$
$$P_e = 0,6 \text{ MPa} = 0,6 \text{ MN/m}^2 = 600\,000 \text{ N/m}^2$$
$$\eta = 0,7$$
$$F = ?$$

$$F = A \cdot p \cdot \eta$$
$$= 0,00196 \text{ m}^2 \cdot 600\,000 \text{ N/m}^2 \cdot 0,7$$
$$F = 823,2 \text{ N}$$

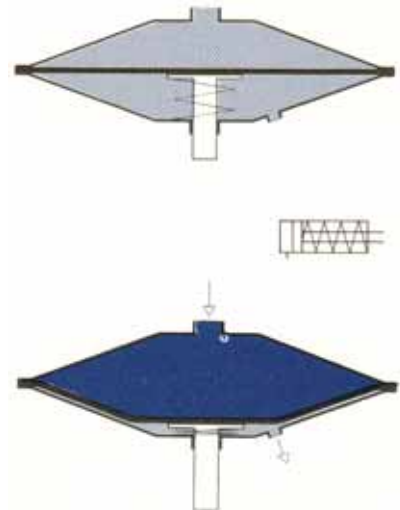
## Liitäntäkierteet

Eurooppalaisissa sylintereissä käytetään Whitworth-sylinteriputkikierteitä. Vakiokoot ovat R1/8" ...R1½. Liitäntäkierre suurenee sylinterin halkaisijan suuretessa.

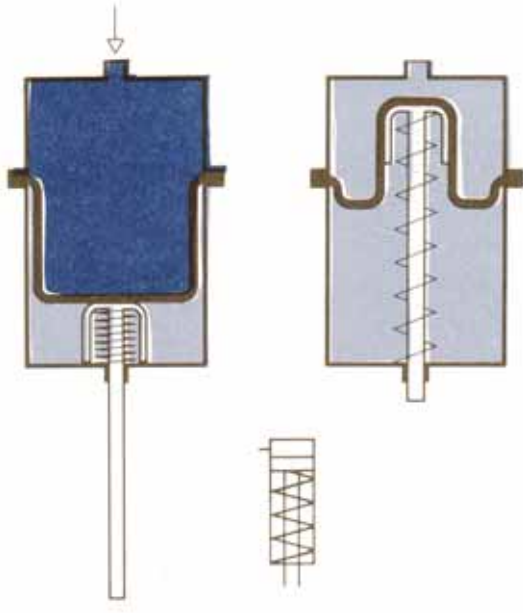
## Paineilmarasiat

Toiminnaltaan paineilmarasiat ovat yksi- ja kaksitoimisten sylinterien kaltaisia. Rakenteeltaan ne eroavat huomattavasti sylintereistä. Iskunpituudet ovat melko lyhyitä: yleensä 30...70 mm. Voimat 0,6 MPa:n ylipaineella ovat 1,6...30 kN. Tiivistykseen käytetään yleensä kumi-, muovi- tai metallikalvoja, mutta myös liukutiivisteitä käytetään. Kalvo voi olla kääntyvä tai rullaava.

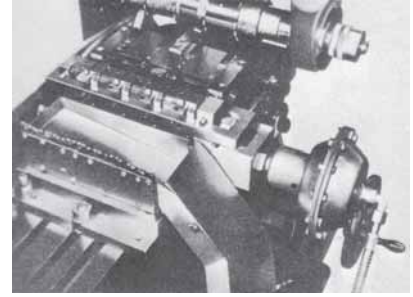
Kun paine kytketään, kahden metallisen runkokappaleen väliin kiinnitetty kalvo kääntyy ja männänvarsi työntyy ulos. Paineen purkautuessa rasiasta jousi palauttaa männän.



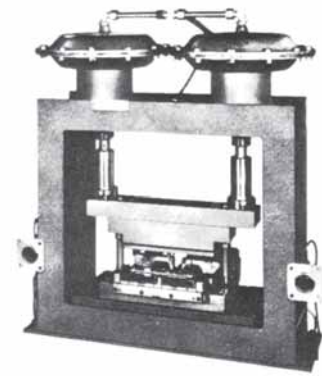
Kuva 14. Yksitoiminen paineilmarasia (Festo)



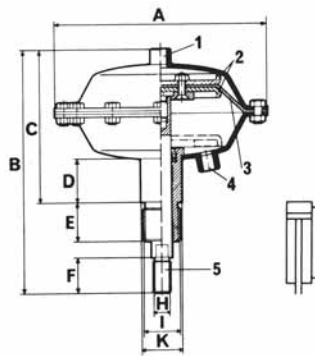
Kuva 15. Rullakalvolla varustettu paineilmarasia (Festo)



Työkappaleen ulostyöntö jyrsimestä yksitoimisella painerasialla



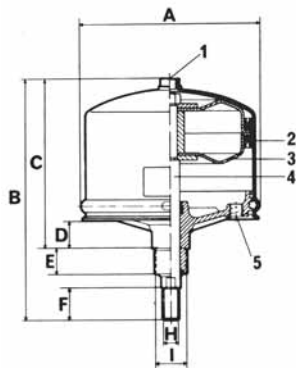
Lävistys kahdella kaksitoimisella painerasialla



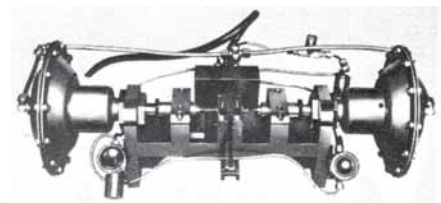
1. Liitäntä
2. Mäntälevy
3. Kalvo
4. Liitäntä
5. Männänvarsi



Niittaus yksitoimisella painerasialla



1. Liitäntä
2. Männäntiiviste
3. Mäntä
4. Männänvarsi
5. Liitäntä



Leimaus kahdella yksitoimisella rasialla

Kuva 16. Kaksitoimisia paineilmarasioita

Kuva 17. Paineilmarasioiden käyttöesimerkkejä (Atlas Copco)



## Erikoissylinterit

Erikoissylinterillä on tiettyjä erityisominaisuuksia, joita vakiosylinterillä ei ole. Tällaisia sylinteriä ovat:

Kaksipuolisella männänvarrella varustetut sylinterit

Männänvarrettomat sylinterit

Kaksoissylinterit

Moniasentosylinterit

Teleskooppisylinterit

Iskusylinterit

Nestevakautetut sylinterit

Erikoisvaimennuksella varustetut sylinterit

Asennoitinsylinterit

Säädettävällä iskunpituudella varustetut sylinterit

Pyörimättömällä männällä ja männänvarrella varustetut sylinterit

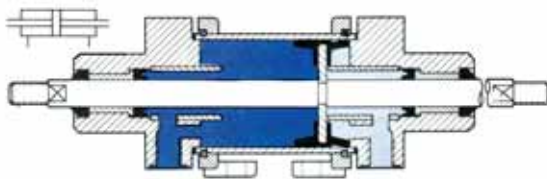
Erikoisvoitelulla ja -ilmansyötöllä varustetut sylinterit

Kuuman paikan sylinterit

Männänvarren lukituksella varustetut sylinterit

Magneettimäntäsyylinterit

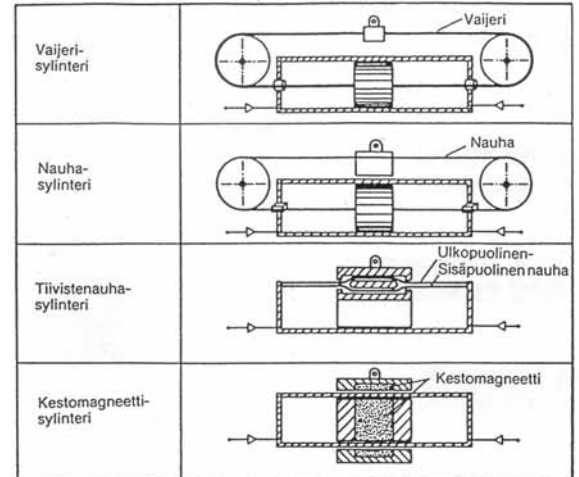
Vastusvastaventtiileillä varustetut sylinterit



Kuva 18. Kaksipuolisella männänvarrella varustettu sylinteri

Kaksipuolisella männänvarrella varustettu sylinteri kestää männänvarren hyvän laakeroinnin ansiosta paremmin poikittaisvoimia kuin vakiosylinterit. Alat männän molemmat puolet ovat yhtäsuuret, joten voimatkin ovat yhtäsuuret molempiin suuntiin. Vapaata männänvarren päätä voidaan käyttää mm. asennonosoittamiseen tai siihen voidaan kiinnittää nokka impulssin antamista varten.

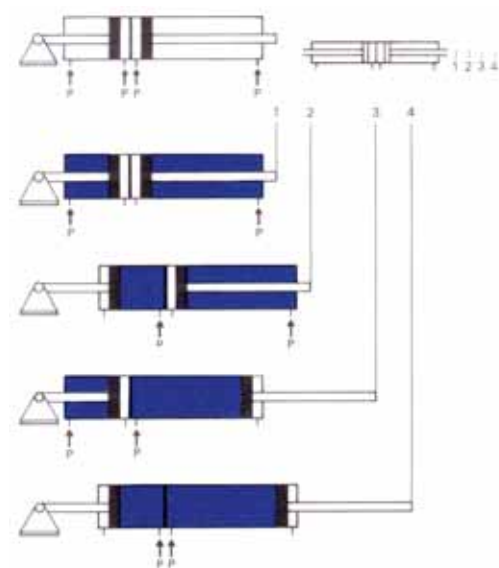
Männänvarrettomat sylinterit voidaan jakaa rakennepiirteensä mukaan neljään ryhmään: vaijerisylinteri, nauhasylinteri, tiivistenaugasylinteri ja kestopagneettisylinteri. Männänvarrettomat sylinterin etuja ovat tilaasäästävä, symmetrinen rakenne. Lisäksi se on helppo varustaa lineaarijohteilla ja pyörivän liikkeen antureilla. Monimutkaisen rakenteen takia se ei ole vaikeissa ympäristöolosuhteissa yhtä luotettava kuin va-



Kuva 19. Männänvarrettomia sylinteriä

kiosylinteri. Männänvarretonta sylinteriä käytetään useimmiten silloin, kun iskun on oltava pitkä. Se voi olla jopa yli kymmenen metriä.

Kaksoissylinterissä on kaksi iskunpituudeltaan samanlaista sylinteriä peräkkäin. Yhteinen mäntärakenne käsittää kaksi mäntää. Paine vaikuttaa molempiin mäntiin samanaikaisesti samaan suuntaan. Kaksoissylinterillä saadaan aikaan lähes kaksinkertainen voima samanhalkaisijaiseen vakiosylinteriin verrattuna. Kaksoissylinteriä käytetään, ellei esim. tilahtauden takia voida käyttää tarvittavan voiman aikaansaamiseksi riittävän suurihalkaisijaista vakiosylinteriä, mutta sylinterin pituutta on mahdollista lisätä.

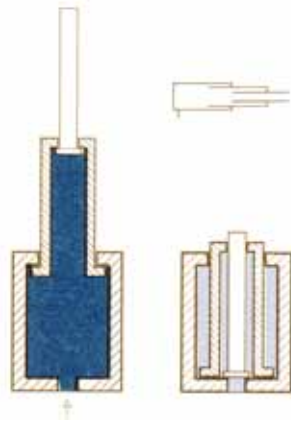


Kuva 20. Moniasentosylinteri ja sen toiminta. Neljä täsmällistä asentoa. (Festo)

Moniasentosylintereillä on useita täsmällisiä asentoja. Neljäasentosylinterissä on kaksi iskunpituudeltaan erilaista sylinteriä kiinni toisissaan.

Jos sylinterien iskunpituudet ovat samat, saadaan kolme asentoa. Toisen sylinterin männänvarsi on kiinni rungossa. Liikuteltava kappale kiinnitetään toisen sylinterin männänvarteen. Sylinteri joutuu liikkumaan kiinni olevan sylinterin mäntään nähden.

Moniasentosylintereitä käytetään mm. automaattikoneissa. Esimerkiksi kun kappaleeseen halutaan porata reikä ja se halutaan senkata ja kierittää, moniasentosylinterillä kappale saadaan kätevästi siirrettyksi vaiheesta toiseen.



Kuva 21. Teleskooppisylinteri (Festo)

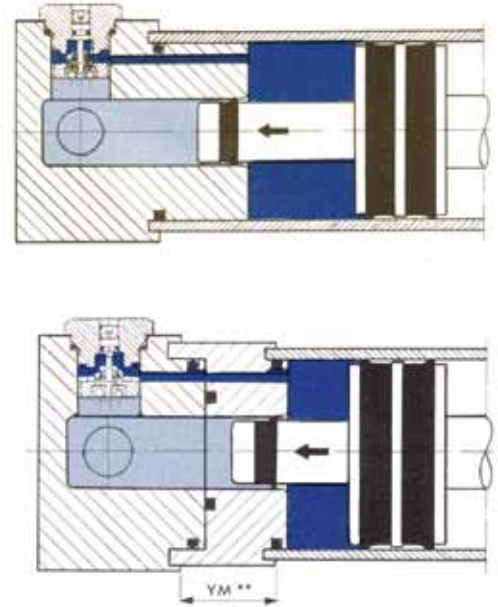
Teleskooppisylinterissä on sisäkkäin kaksi tai useampia mäntiä. Voima määräytyy pienimmän männänalan mukaan. Yleensä teleskooppisylinterit ovat yksitoimisia ja palautus tapahtuu useimmiten ulkoista voimaa käyttäen. Teleskooppisylintereitä käytetään, kun tarvitaan suurta iskunpituutta, mutta rakenne ei saa olla pitkä – näin esim. nostolavoissa.

Iskusylinterin energia on pääasiassa liike-energiaa. Siinä on peräkkäin kaksi sylinteriä, mutta vain etumaisessa sylinterissä on mäntä ja männänvarsi.

Sylinterin välipäädystä on aukko, jonka ala on 1/9 männän alasta. Tästä syystä takasylinterissä täytyy olla yhdeksänkertainen paine männänvarren puolella vallitsevaan paineeseen verrattuna, ennen kuin mäntä lähtee liikkeelle.

Männän lähtiessä liikkeelle paine purkautuu nopeasti takasylinteristä etusylinteriin antaen männälle suuren nopeuden.

Jotta mäntä ehtii kiihtyä, iskusylinteri on asennettava siten, että männälle jää vapaata liikettä 0...75 mm. Tämän matkan jälkeen mäntä saavuttaa 0,6 MPa:n paineella nopeuden 8 m/s. Energiaa voidaan vähentää painetta vähentämällä ja vapaata liikettä lyhentämällä. Iskusylintereitä käytetään mm. meistämiseen, niittaamiseen, taivuttamiseen jne. Syvämeistämiseen iskusylintereitä ei voida käyttää.



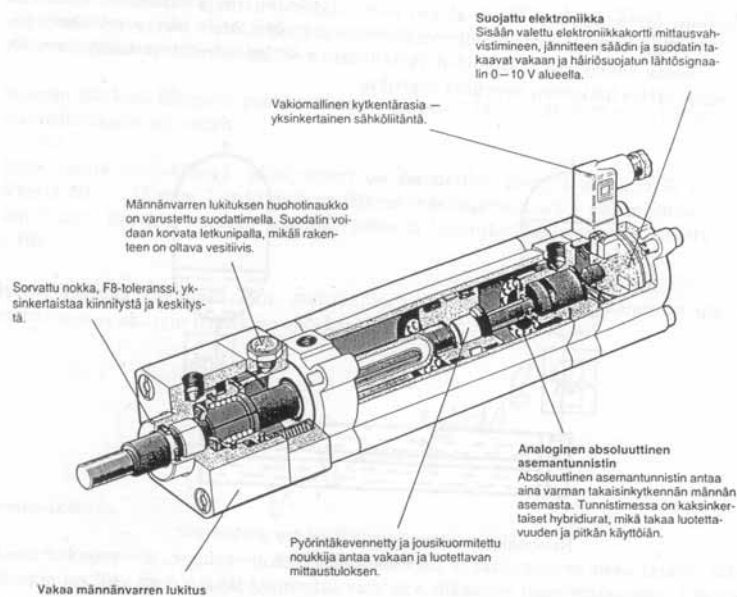
Kuva 22. Erikoisvaimennuksella varustettuja sylintereitä (Mecman)

Erikoisvaimennuksella varustetuissa sylintereissä on tavallista pidemmät vaimennusmännät ja vaimennussylinterit. Niitä käytetään, kun vakiosylinterin vaimennus ei ole riittävän tehokas. Erikoisvaimennuksia saadaan aikaan myös sopivilla venttiilikytkennoillä.

Asennoitinsylinterin liike voidaan pysäyttää portaattomasti kesken iskun.

Männän ja männänvarren pyöriminen voidaan estää käyttämällä sylinterissä muuta kuin pyöreää männän tai männänvarren muotoa tai käyttämällä kahta männänvartta vierekkäin.

Erikoisvoitelu ja -ilmasyöttö voidaan suorittaa esimerkiksi männänvarteen tehtyjen porauksien kautta.



Kuva 23. Asennoitinsylinteri (Atlas Copco)

Kuumissa paikoissa voidaan käyttää sylintereitä, joissa on erikoistiivisteet tai jäähdytys. Jarrulla varustetun sylinterin männänvarsi ja mäntä voidaan lukita paikoilleen.

Magneettimännällä varustetuissa sylintereissä voidaan käyttää tunnistimia (rajoina) ns. Reed-releitä.

Männänvarren lukituksella varustetun sylinterin männänvarsi ja mäntä voidaan lukita paikoilleen.

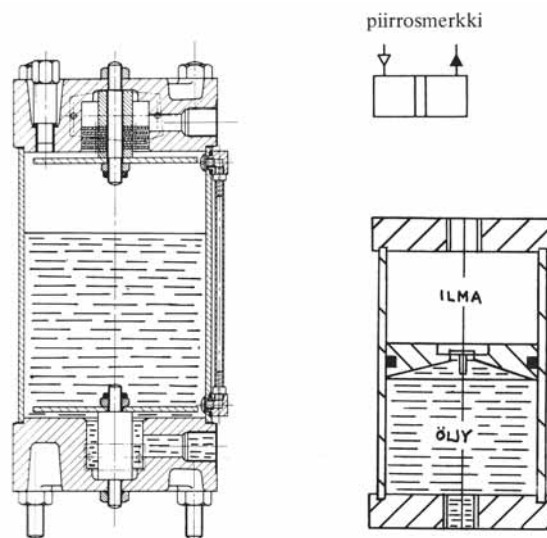
Vastusvastaventtiileillä varustetun sylinterin päätyihin on integroitu liikenopeuden säätöä varten vastusvastaventtiilit.

## VÄLIAINEENVAIHTIMET

Väliaineenvaihtimien tehtävänä on välittää pneumaattinen paine yhtä suureksi hydrauliseksi paineeksi.

Väliaineenvaihtimissa ilmanpaine voi vaikuttaa hydraulioöljyn pintaan joko suoraan tai männän välityksellä. Paineen vaikuttaessa suoraan öljyn pintaan ilmaa sekoittuu öljyyn. Sekoittumista vähentävät hajotinlevyt. Ne jakavat ilman ja öljyn tasaisemmin koko alalle. Säiliön vieressä on osoitinlasi, josta nähdään öljyn korkeus. Ilman sekoittuminen öljyyn voidaan estää käyttämällä ilma- ja öljytilojen välissä mäntää.

Koska väliaineenvaihtimissa ilma- ja öljytilojen alat ovat samat, ilmanpaine ja nestepaine ovat yhtäsuuret. Väliaineenvaihtimia käytetään mm. nestevakautettujen sylinterien ja paineenmuuntimien yhteydessä. Väliaineenvaihtimet sijoitetaan sylinterien ja muuntimien yläpuolelle, jotta näihin ei pääse ilmaa.

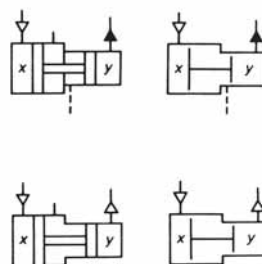


Kuva 24. Väliaineenvaihtimia (Festo)

## PAINEENMUUNTIMET

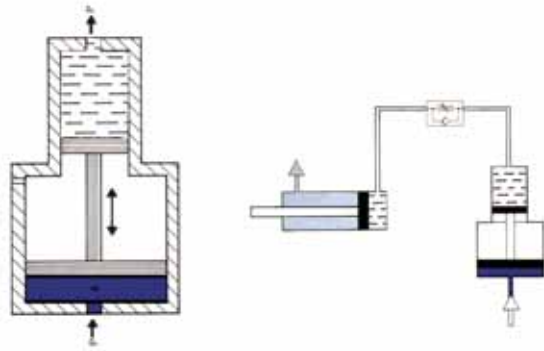
Paineenmuuntimien tehtävänä on muuntaa paine suuremmaksi, Niillä voidaan muuntaa pneumaattinen paine suuremmaksi hydrauliseksi paineeksi tai pneumaattinen paine suuremmaksi pneumaattiseksi paineeksi.

**Piirrosmerkit**, oikealla yksinkertaistetut merkit:



Paineenmuunnin, jolla muunnetaan pneumaattinen paine (x) suuremmaksi hydrauliseksi paineeksi (y).

Paineenmuunnin, jolla muunnetaan pneumaattinen paine (x) suuremmaksi pneumaattiseksi paineeksi (y).

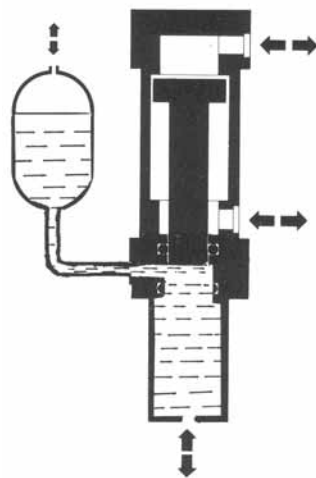


Kuva 25. Paineenmuunnin ja sen käyttöesimerkki (Festo)

Paineenmuuntimia käytetään esimerkiksi sylinterien aikaansaaman voiman lisäämiseen. Tällöin pienellä sylinterillä saadaan aikaan suuri voima.

Paineenmuuntimissa on halkaisijaltaan kaksi erisuuruista sylinteriä. Molemmissa sylintereissä on männät, jotka ovat kiinteästi toisissaan kiinni. Kun suuremman männän alle johdetaan ilmanpaine ja vastustetaan pienemmän männän päällä olevan nesteen virtausta, nestepaine nousee korkeammaksi kuin ilmanpaine.

Ilmanpoiston helpottamiseksi tämäntyyppiset muuntimet olisi asennettava kuten kuvassa 25; nesteosa ylöspäin ja mieluummin alemmaksi kuin niihin liittyvät sylinterit.



Kuva 26. Paineenmuunnin, jonka öljytilaa on suurennettu öljysäiliöllä (Mecman)

Edellä esitetyn tyyppisille muuntimille on ominaista se, että nestetilaa on melko pieni. Tästä syystä sylinterillä ei saada aikaan kovin suurta liikettä.

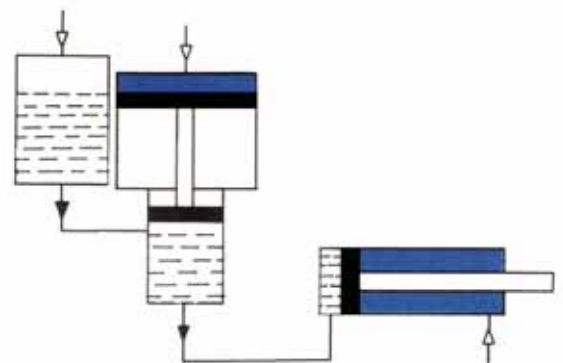
Useissa käytännön sovellutuksissa, esim. kiinnitys- ja lävistyspuristimissa, tarvitaan suurta voimaa vain liikkeen loppuosassa. Tällaisissa tapauksissa öljytilaa voidaan suurentaa öljysäiliön tai paineensiirtimen avulla.

Ilmanpaine johdetaan ensin öljysäiliöön, jolloin öljy siirtyy paineenmuuntimen öljytilan kautta käyttökohteeseen. Kun suurta painetta tarvitaan, paineilma johdetaan myös paineenmuuntimeen.

Jotta ilma saadaan nestetilasta helposti pois, paineenmuunnin on asennettava mieluummin öljysylinteri alaspäin. Jos se asennetaan vaakasuoraan, öljysäiliön liitäntä on sijoitettava yläpuolelle. Öljyn pinnan on oltava korkeammalla kuin paineenmuuntimen öljyosa ja siihen kytketty sylinteri.

Kun sylinterin mäntää liikutetaan paineensiirtimen avulla, sylinterin aikaansaama voima on pieni, mutta liike voi olla pitkä. Suuri paine ja voima saadaan aikaan paineenmuuntimen avulla.

Vakiovalmisteina saatavien paineenmuuntimien maksimimuuntosuhteet ovat yleensä noin 100:1. Tällöin tavanomaisella 0,6 MPa:n ilmanpaineella saavutetaan 60 MPa:n hydraulipaine.



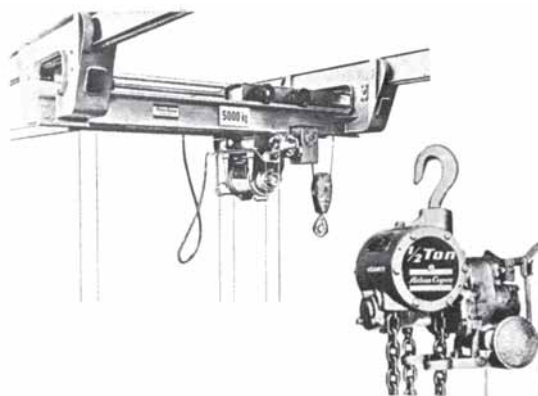
Kuva 27. Paineensiirrin, paineenmuunnin ja sylinteri (Festo)

## MOOTTORIT

Paineilmamoottorien tehtävänä on muuttaa pneumaattinen energia pyöriväksi mekaaniseksi liikkeeksi. Paineilmamoottoreita käytetään mutterin ja ruuvin vääntimissä, pora-, hioma-, kiillotus- ja kierteityskoneissa, nostimissa, siirtovälineissä jne.








Kuva 28. Paineilmalla toimiva mutterinväännin sekä pora- ja hiomakone (Mercantile)



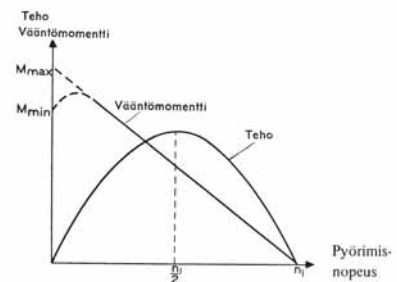
Kuva 29. Paineilmamoottoreilla toimivia nostimia (Atlas Copco)

## Paineilmamoottorien piirrosmerkit

-  Vakiotilavuusmoottori, virtaus yhteen suuntaan
-  Vakiotilavuusmoottori, virtaus kahden suuntaan
-  Säätilavuusmoottori, virtaus yhteen suuntaan
-  Säätilavuusmoottori, virtaus kahden suuntaan
-  Vääntömoottori

## Paineilmamoottorin ominaisuuksia:

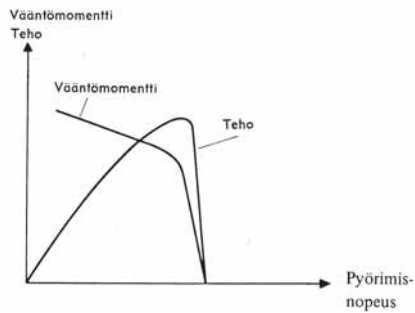
- Yksinkertainen ja kevyt rakenne
- Ei vaurioidu ylikuormituksesta; voidaan kuormittaa pysähdyksiin asti.
- Voidaan käyttää melko kuumissa, kosteissa, pölyisissä, tulipalo- ja räjähdysalttiissa sekä tärisevissä paikoissa.
- Kestää ylikuumentumatta rajattomasti käynnistyksiä ja pyörimissuunnan muutoksia.
- Pyörimisnopeutta voidaan säätää portaattomasti nolasta maksimiin.
- Vääntömomentti nousee kuormituksen kasvaessa.
- Maksimiteho on 0,1...20 kW, pyörimisnopeus jopa 1700 r/s.
- Haittapuolena on huono hyötysuhde: alle 20%



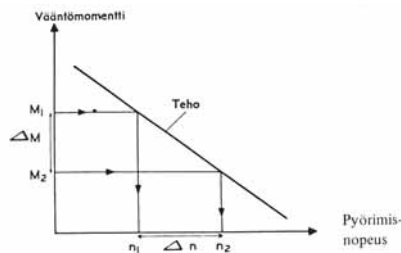
Kuva 30. Ilman pyörimisnopeuden säädintä olevan ilmamoottorin teho ja vääntömomentti (Atlas Copco)

Teho on maksimi, kun pyörimisnopeus on noin puolet maksimista. Vääntömomentti nousee, kun pyörimisnopeus laskee.

Tyhjäkäyntipyörimisnopeus on rajoitettu lähelle sitä pyörimisnopeutta, millä moottori saavuttaa maksimitehon. Vääntömomentti kasvaa eniten lähellä tyhjäkäyntinopeutta.

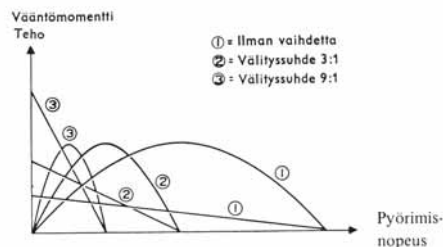


Kuva 31. Pyörimisnopeuden säätimellä varustetun ilmamoottorin teho ja vääntömomentti (Atlas Copco)



Kuva 32. Kuormituksen vaikutus ilmamoottorin pyörimisnopeuteen (Atlas Copco)

Kuormituksen vaihdelta välillä  $M_1 \dots M_2$  pyörimisnopeus vaihtelee välillä  $n_1 \dots n_2$ .



Kuva 33. Vaihteiston vaikutus ilmamoottorin tehoon ja vääntömomenttiin (Atlas Copco)

Mitä suurempi välityssuhde on, sitä jyrkempiä ovat vääntömomentti- ja tehokäyrät. Maksimiteho pysyy lähes samana, ellei oteta huomioon vaihteistossa tapahtuvia tehohäviöitä. Vaihteistoja käytetään etenkin lamellimootoreissa pyörimisnopeuden muuttamiseksi sopivan suuruiseksi.

Yleisimmät paineilmamoottorit ovat:

1. Lamellimoottorit
2. Kulissimoottorit
3. Turbiinimoottorit
4. Vääntömoottorit

## Lamellimoottorit

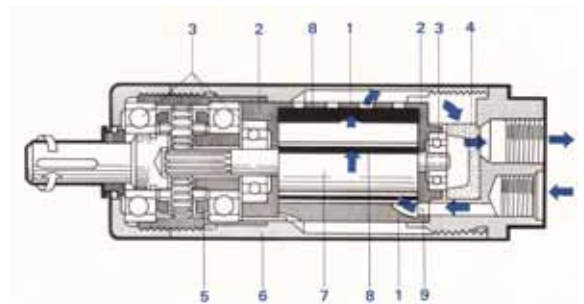
Lamellimoottorin pääosat ovat pesä, roottori ja lamellit. Roottori on epäkeskeisesti pesässä. Lamellit ovat roottorin urissa.



Kuva 34. Lamellimoottorin toimintaperiaate (Festo)

Roottoriin syntyy vääntömomentti, kun paine vaikuttaa lamelleihin. Lamellit pysyvät pesän seinä-mässä liikkuen säteen suuntaisesti. Roottorin pyöriessä myötäpäivään pesässä vasemmalla oleva aukko toimii ilman sisääntuloaukkona ja oikealla oleva aukko jäännösilman poistoaukkona. Pääpoistoaukko on ylhäällä. Muutettaessa roottorin pyörimissuuntaa oikealla ja vasemmalla olevien aukkojen tehtävät vaihtuvat. Lamellimoottorin tyhjäkäyntipyörimisnopeus on yleensä alle 220 r/s.

Nuolet osoittavat ilman virtauksen. Vaihteistoja käytetään pyörimisnopeuden muuttamiseksi sopivaksi. Voiteluun käytetään ulkopuolista voitelulaitetta.

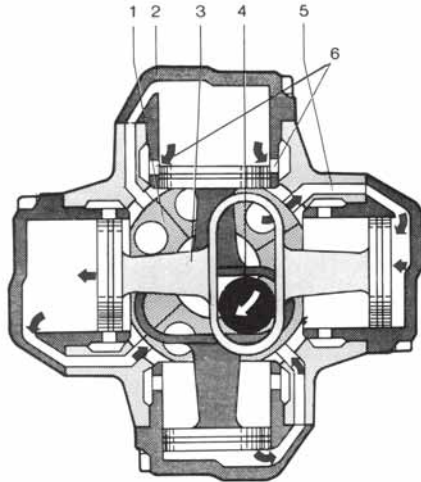


- |                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| 1. Sylinteri            | 6. Moottoripesä     |
| 2. Sylinterin päätylevy | 7. Roottori         |
| 3. Kuulalaakeri         | 8. Lamelli          |
| 4. Äänenvaimennin       | 9. Ilman tulokanava |
| 5. Planeettavaihteisto  |                     |

Kuva 35. Vaihteistolla varustettu yksisuuntainen lamellimoottori (Atlas Copco)

## Kulissimoottorit

Kulissimoottorin pääosat ja toiminta ilmenevät kuvasta 36.



- 1 Kampiakseli
- 2 Sylinteri
- 3 Kaksoismäntä ja kulissi
- 4 Kampi
- 5 Ilmakanava

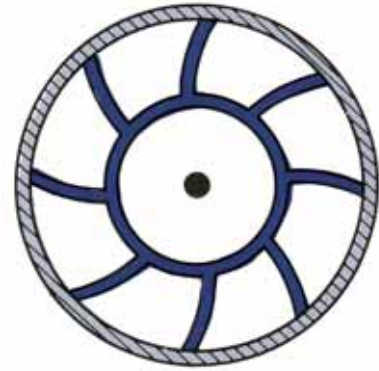
Kuva 36. Kulissimoottori (Atlas Copco)

Kaksoismäntä ja sen keskellä oleva kulissi ovat samaa kappaletta (osa 3). Kaksoismäntiä on kaksi. Ne ovat 90°:een kulmassa toisiinsa nähden. Moottoriin kuuluu luisti, joka jakaa paineilman vuorotellen mäntien molemmiin puolin. Mäntien edestakainen liike pakottaa kammien välityksellä akselin pyörimään. Samalla kun kampi pyörii, se liikkuu kulississa myös edestakaisin.

Kulissimoottorissa on pieni määrä liikkuvia osia. Se voi pyöriä molempiin suuntiin. Voiteluun käytetään ulkoista voitelulaitetta. Teknisiltä ominaisuuksiltaan se on suunnilleen samanlainen kuin mäntämoottori.

## Turbiinimoottorit

Turbiinimoottorin pääosat ovat pesä ja turbiinipyörä. Turbiinipyörään kuuluvat kauhat, jotka ottavat vastaan sisäänvirtaavan ilman liike-energian, mikä saa turbiinipyörän pyörimään.

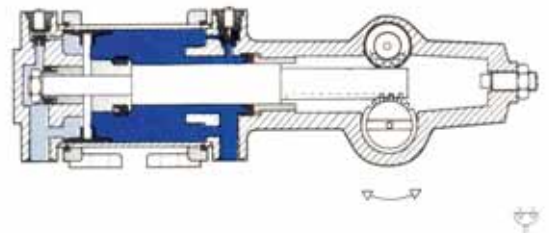


Kuva 37. Turbiinimoottori (Atlas Copco)

Turbiinimoottorille on ominaista suuri pyörimisnopeus (600...1700 r/s) ja pieni käynnistysvääntömomentti. Yleisimmin niitä käytetään hammaslääkärien porissa.

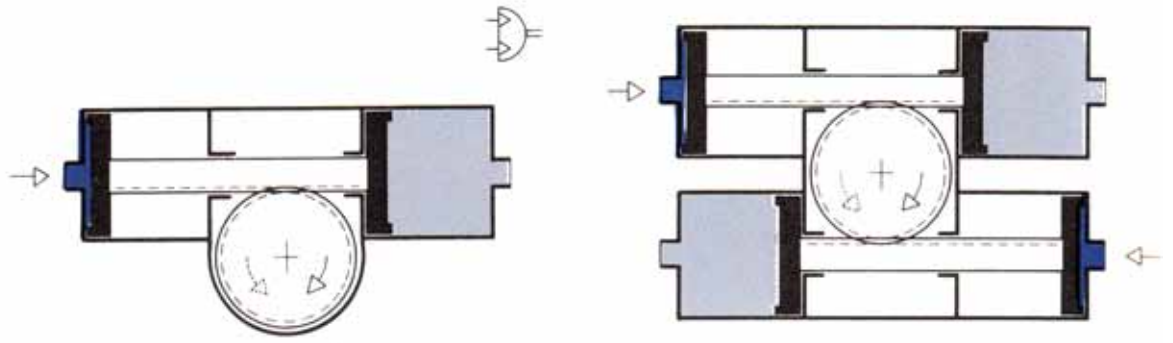
## Vääntömoottorit

Vääntömoottorien tehtävänä on muuttaa pneumaattinen energia pyöriväksi edestakaiseksi mekaaniseksi liikkeeksi. Pyörimisliike on rajoitettu. Yleensä se on alle 360°. Hammastanko-hammaspyörärakenteilla on mahdollista saada aikaan suurempiakin vääntökulmia. Vääntömoottoreita käytetään kääntöluistiventtiilien ohjaamiseen, kappaleiden kääntämiseen kuljetusradoilla, putkien taivuttamiseen, valimoissa valumuotien kääntämiseen jne.



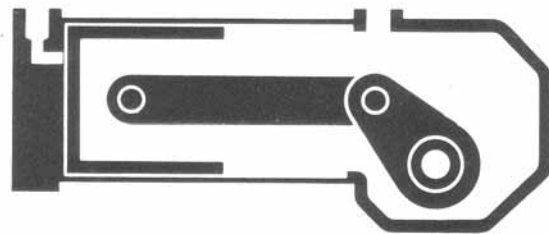
Kuva 38. Vääntömoottori (Festo)

Männänvarren päähän on kiinnitetty hammastanko, joka pyörittää runkoon laakeroitua hammaspyörää. Kun mäntää liikutetaan, hammaspyörässä kiinni oleva vääntömoottorin akseli pyörii. Tukilaakeri estää hammastangon taipumisen. Vääntökulmaa voidaan säätää vääntömoottorin päässä olevalla ruuvilla.



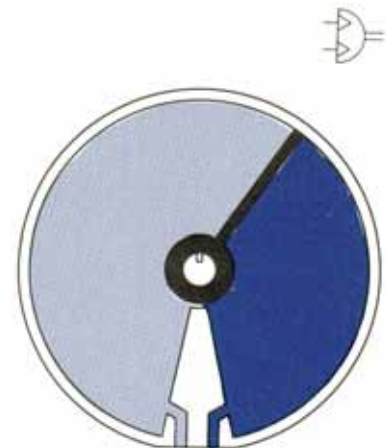
Kuva 39. Vääntömoottoreita (Festo)

Vasemmanpuoleisessa vääntömoottorissa on kaksi sylintereissä liikkuvaa mäntää yhdistetty toisiinsa hammastangolla. Kun paine kytketään vuorotellen sylintereihin, hammastanko pyörittää pesään laakeroitua hammaspyörää ja akselia edestakaisin. Oikeanpuoleisella vääntömoottorilla saadaan aikaan kaksinkertainen vääntömomentti vasemmanpuoleiseen verrattuna.



Kuva 40. Kiertokankityyppinen vääntömoottori (Marton)

Kytkemällä paine vuorotellen männän eri puolille saadaan mäntä liikkumaan edestakaisin. Männän edestakainen liike välitetään akseliin kiertokangen ja kammien välityksellä. Maksimi vääntökulma on noin 90°.



Kuva 41. Lamellityyppinen vääntömoottori (Festo)

Kytkemällä paine vuorotellen lamellin molemmin puolin saadaan lamelli ja akseli pyörimään edestakaisin. Maksimi vääntökulma on noin 300°.